

METHOD AND DEVICE FOR TESTING MAGNETIC HEAD SERVICE LIFE

Patent Number: JP2002025024

Publication date: 2002-01-25

Inventor(s): UCHISHIBA HIDEMA

Applicant(s): FUJITSU LTD

Requested Patent: JP2002025024

Application Number: JP20000208646 20000710

Priority Number(s):

IPC Classification: G11B5/455

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device for measuring the service life of a GMR(giant magnetoresistance) head easily and accurately.

SOLUTION: A magnetic characteristic is measured by applying stress on a magnetic head for real use time or more, and the service life of the magnetic head is determined based on the evaluation result of a generated magnetic failure.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-25024

(P2002-25024A)

(43)公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51)Int.Cl.⁷

G 11 B 5/455

識別記号

F I

G 11 B 5/455

テマコード(参考)

F

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-208646(P2000-208646)

(22)出願日 平成12年7月10日 (2000.7.10)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 内柴 秀磨

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

(54)【発明の名称】 磁気ヘッドの寿命を試験する方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 簡単かつ正確にGMRヘッドの寿命を測定できる方法及び装置を提供すること。

【解決手段】 磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらして磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良の評価結果に基づいて磁気ヘッドの寿命を判定すること。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらして磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定することを特徴とする磁気ヘッドの寿命を試験する方法。

【請求項2】 一定の電流及び一定の温度をストレスとして印加し続け、かつ一定時間ごとに磁気ヘッドの直流抵抗値又は/及び磁気抵抗変化を測定することを特徴とする請求項1に記載の試験方法。

【請求項3】 磁気ヘッドの寿命を試験する装置であつて、

磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらすストレス印加装置、

前記ストレス印加装置に取り付けられた磁気ヘッドの磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良を評価する特性測定/評価装置、及び前記磁気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定する寿命判定装置、を備えることを特徴とする磁気ヘッドの寿命を試験する装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は各種の磁気ヘッドの寿命を試験する方法及び装置に関し、特に、GMRヘッド(スピナーバルブヘッド)の寿命を試験する際に使用した時にその真価を発揮できる磁気ヘッドの試験方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、磁気ディスク装置等の磁気記録再生装置の小型化、高記録密度化の進行に伴い、そのような装置の再生用ヘッドとして、磁気記録媒体からの信号磁界の変化を電気抵抗率の変化に変換可能な磁気抵抗効果あるいは異方性磁気抵抗効果を利用したヘッド(いわゆるMRヘッド)が広く用いられている。MRヘッドを使用すると、大きな再生出力を得ることができるが、バルクハウゼンノイズ等による再生特性の不安定さを本質的に有しているため、MRヘッドの製造時の検査手段として、バルクハウゼンノイズ等に起因する再生特性不良を定量的に短時間にかつ高精度に検出し、測定できる評価方法及び装置が必要となる。

【0003】上述のような課題を解決するため、特開平10-198924号公報は、信号検出部に磁気抵抗効果素子を有する磁気抵抗効果型磁気ヘッドの評価方法であつて、磁気抵抗効果素子の面内に静磁界を外部から印加しながら、所要の範囲のセンス電流の変化に対する磁気抵抗効果素子の電気抵抗の変化を検出し、センス電流に対する電気抵抗の不連続な変化を検出することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドの評価方法を提案している。

【0004】図1は、特開平10-198924号公報に記載の評価方法を示すフローチャートである。まず、ステップS1において、有効に外部磁場が印加されるよ

うにMRヘッドの位置合わせを行い、MRヘッドの出力端子にプローブ電極を接触させる。次にステップS2で、印加する静磁界の方向とその強度、測定する電流の範囲を設定する。ステップS3では、外部磁界をゼロに設定し、センス電流を変化させて抵抗変化を測定する。この測定で、MR素子のセンス電流による発熱による影響で、抵抗値がセンス電流に対して放物線状に変化していることが明らかとなる。この発熱による影響を推定するため、ステップS4で、磁界なしの曲線を二次曲線で近似する。次いで、ステップS5で、MR素子の面内に静磁界を印加しながら、センス電流に対する抵抗値の変化を測定する。抵抗値の変化の測定が完了した後、ステップS6で、得られた測定データから発熱の影響を補正する。最後に、ステップS7で、抵抗変化の不連続な変化を、例えば $\max [dR/dI_s]$ で定量化し、ヘッドの良否を判定する。

【0005】ところで、近年では、磁気記録再生装置のさらなる高記録密度化に伴い、上述のようなMRヘッドでは限界があり、MRヘッドよりも数倍以上の高感度が期待される新しい物理現象である巨大磁気抵抗効果(Giant Magnetoresistance)を利用したGMRヘッドの使用が不可欠となっている。GMRヘッドのなかでも、特に、スピナーバルブ磁気抵抗効果を利用したスピナーバルブヘッドは、構成が簡単で比較的に容易に作製することができ、しかも低磁界での電気抵抗の変化率が他のMRヘッドに比較して大きく線型動作が得られ易いので、すでに実用化されている。

【0006】スピナーバルブヘッドは、通常、磁気抵抗効果膜(スピナーバルブ膜)と、スピナーバルブ膜に電気的に接合されたものであって、信号検知領域を画定しつつこの信号検知領域に信号検知電流を流す一对の電極と、スピナーバルブ膜に対して縦バイアス磁界を印加する一对の縦バイアス磁界印加層とを備えている。縦バイアス磁界印加層は、通常、CoPt、CoPtCr等の硬質強磁性薄膜から形成されている。このように、硬質強磁性薄膜からなる縦バイアス磁界印加層をスピナーバルブヘッドの感磁部(信号検知領域)以外の部分に、それがスピナーバルブ膜の両側に位置するように配置することによって、スピナーバルブ膜のフリー磁性層の磁壁移動に起因するバルクハウゼンノイズを抑制することができ、よって、ノイズのない安定した再生波形を得ることができる。

【0007】また、スピナーバルブ膜は、通常、規則系反強磁性層、ピンド磁性層(固定磁性層ともいう)、非磁性中間層及びフリー磁性層(自由磁性層ともいう)が順次積層された層構成を有している。このような層構成を採用することによって、非磁性中間層を介して積層された2つの磁性層(フリー磁性層及びピンド磁性層)の磁化方向のなす角度を調節することによって、電気抵抗を所望なように変化させることができる。

【0008】GMRヘッド（スピナルブヘッド）では、しかし、その使用中の劣化が問題となっている。すなわち、ヘッドに対して例えば温度の変化や印加電流の変化に由来するストレスがかかった時、スピナルブ膜のピンド磁性層の固定力が劣化し、磁気的不良を生じるということが問題となっている。したがって、GMRヘッドは、それを製造し、出荷する前にそのヘッドとしての寿命を試験することが、実用上極めて重要である。

【0009】本発明者の知る限り、GMRヘッドの寿命を測定する方法及び装置はいまだに発表されていない。また、先に特開平10-198924号公報を参照して説明したようなMRヘッド用に特に設計された評価方法及び装置を使用したとしても、GMRヘッドの寿命を予め測定することはできない。代替として使用されているものが、同じくMRヘッド用に設計された、ストレス印加中の直流抵抗値の評価方法である。この方法は、MRヘッドの使用中の劣化は、主に素子材料のエレクトロマイグレーションによりMR素子の磁気抵抗効果が低下することに由来しており、また、そのような磁気抵抗効果の低下は素子の直流抵抗値と対応しているという認識に基づいたものであり、MRヘッドに温度及び印加電流のストレスをかけた状態で直流抵抗値を測定して、その測定値が異常を示したところをMRヘッドの寿命と判断している。

【0010】図2は、このストレス印加中の直流抵抗値の評価方法を示すフローチャートである。まず、ステップS1で、予め設定された電流値までストレス電流を印加する。ストレス電流の印加とともに発熱がおこり、温度が上昇するので、その温度上昇が飽和するまで、ステップS2で待機する。次いで、ステップS3で、温度上昇時の抵抗値（R）を測定する。その際、 $R_0 = R$ と置き、この値を基準値とする。ステップS4で、一定時間の待機を行う。待機時間は、例えば30分というように、予め設定する。次いでステップS5に移行し、再び抵抗値を測定する。この場合、抵抗値の測定を反復して行い、n回目に測定された抵抗値を R_n とする。ステップS6で、測定データの記録を行う。すなわち、抵抗値（ R_n ）を経過時間の関数として記録する。さらに、ステップS7で、 ΔR_n を、次式： $\Delta R_n = (R_n - R_0) \times 100 / R_0$ から計算する。引き続いて、ステップS8で、得られた測定値からMRヘッドの寿命を判断する。すなわち、 R_n 及び R_0 を予め設定したうえで、次の要件： $R_n \geq R_M$ 、 $R_n \leq R_m$ が満たされるならば、MRヘッドの寿命と判断して試験を終了する。もしも否であるならば、ステップS9に移行する。ここでは、得られた ΔR_n 値からMRヘッドの寿命を判断する。すなわち、 ΔR_M 及び ΔR_m を予め設定したうえで、次の要件： $\Delta R_n \geq \Delta R_M$ 、 $\Delta R_n \leq \Delta R_m$ が満たされるならば、MRヘッドの寿命と判断して試験を終了する。もしも否であるならば、ステップS4に戻り、一

定時間の待機後に再び抵抗値（ R_n ）を測定する。

【0011】しかし、このようなMRヘッドの寿命試験方法は、GMRヘッドの寿命の測定に使用することができない。なぜなら、GMRヘッドの寿命は、上述のような素子材料のエレクトロマイグレーションによる素子の劣化よりも、前記したような、弱いストレスによるピンド磁性層の固定力の劣化によるところが大であるからである。GMRヘッドでは、その寿命の測定中、直流抵抗値が変化する前に磁気的不良が発生し、寿命となってしまい、ヘッドの寿命を正確に測定することができない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記したような従来の技術の問題点を解決して、簡単かつ正確にGMRヘッドの寿命を測定できる方法及び装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明者は、このたび、従来の技術でMRヘッドの寿命の試験のために直流抵抗値を測定してきたことに加えて、素子の磁気抵抗変化を測定し、かつ外部ストレスによる直流抵抗値及び磁気抵抗変化の劣化状態を監視した場合には、弱いストレスがかかっても磁気的不良を検出することができ、したがって、ヘッドの寿命を正確に測定することができるということを見い出した。

【0014】本発明は、その1つの面において、磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらして磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定することを特徴とする磁気ヘッドの寿命を試験する方法にある。また、本発明は、そのもう1つの面において、磁気ヘッドの寿命を試験する装置であって、磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらすストレス印加装置、前記ストレス印加装置に取り付けられた磁気ヘッドの磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良を評価する特性測定／評価装置、及び前記磁気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定する寿命判定装置、を備えることを特徴とする磁気ヘッドの寿命を試験する装置にある。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明は、特にGMRヘッド（スピナルブヘッド）の寿命を試験する方法及び装置にあるので、以下においてもGMRヘッドを参照して本発明の実施を説明する。なお、本発明は、必要に応じて、従来のMRヘッドやAMRヘッドの寿命の試験にも利用できることは言うまでもない。

【0016】最初に、図3及び図4を参照して、本発明を適用し得るGMRヘッドの1形態について説明する。図3の斜視図において、スピナルブヘッド11は、スピナルブ膜10と、そのスピナルブ膜の両端に所定の間隔で配置された一对の引き出し電極8と、スピナルブ膜10のフリー磁性層（図4を参照して、以下で説

明する)の両端に所定の間隔で配置された一对の縦バイアス磁界印加層7とを有している。ここで、引き出し電極8は、スピナルブ膜に電気的に接合して信号検知領域(センス領域ともいう)を画定し、この信号検知領域に信号検知電流を流すためのものである。すなわち、この電極8によって、信号検知領域での電気抵抗率の変化を電圧変化として測定可能である。また、縦バイアス磁界印加層7は、スピナルブ膜のフリー磁性層と磁気的に交換結合して、このフリー磁性層に磁区制御用の縦バイアス磁界を印加するためのものである。

【0017】スピナルブヘッド11において、そのスピナルブ膜10の構成は、この技術分野において一般的に行われているように種々の変更が可能であるというものの、通常、図3の線分IV-IVに沿った断面図である図4に示すように、下地層5の上に、順次、フリー磁性層1、非磁性中間層2、ピンド磁性層3、そして規則系反強磁性層4を積層した構成を有している。フリー磁性層1及びピンド磁性層3は、必要に応じて、2層構造などの多層構造からなっている。また、必要に応じてその他の基板や形態を採用してもよいけれども、かかるスピナルブ膜10は、通常、アルチック基板、すなわち、TiC基体の表面にアルミナ膜が形成されてなる基板の上に形成される。

【0018】さらに具体的に説明すると、スピナルブ膜は、その下地層として、Ta膜などを有する。Ta膜を下地層に使用すると、フリー磁性層に良好な結晶性を付与できる。Ta膜は、通常、5nm前後の膜厚で用いられている。フリー磁性層は、任意の軟磁性の材料から形成することができる。例えば、フリー磁性層の形成に一般的に使用されているCoFe合金を使用してもよい。しかし、本発明のスピナルブ膜では、これに限定されるわけではないけれども、好ましくは面心立方格子構造をそなえた $(Co_y Fe_{100-y})_{100-x} Z_x$ 合金(式中、Zは、Co及びFe以外の任意の元素を表し、好ましくは、硼素B又は炭素Cであり、x及びyはそれぞれ原子分率at%を表す)からフリー磁性層を形成するのが好適である。高出力、高磁界感度、耐熱性のヘッドを提供できるからである。フリー磁性層は、さらに好ましくは、CoFeB合金から形成することができ、その際、Coの含有量は約85~95at%であり、Bの含有量は約10at%未満である。フリー磁性層の膜厚は、他の層と同様に、所望とする効果などに応じて広い範囲で変更することができるけれども、少なくとも3nmであることが必要であり、通常、約3~20nmの範囲である。

【0019】本発明のスピナルブ膜では、上述のフリー磁性層と後述のピンド磁性層とで非磁性の中間層をサ

ンドイッチした構成が採用される。非磁性の中間層としては、通常、非磁性の金属材料、例えば、銅(Cu)などが用いられる。3nm前後の膜厚でCu中間層が用いられる。ピンド磁性層は、フリー磁性層の場合と同様に、任意の軟磁性の材料から形成することができる。すなわち、ピンド磁性層の形成にCoFe合金を使用してもよく、しかし、好ましくは面心立方格子構造をそなえた $(Co_y Fe_{100-y})_{100-x} Z_x$ 合金(式中、Zは、Co及びFe以外の任意の元素を表し、好ましくは、硼素B又は炭素Cであり、x及びyはそれぞれ原子分率at%を表す)からピンド磁性層を形成するのが好適である。高出力、高磁界感度、耐熱性のヘッドを提供できるからである。ピンド磁性層は、さらに好ましくは、CoFeB合金から形成することができ、その際、Coの含有量は約85~95at%であり、Bの含有量は約10at%未満である。ピンド磁性層の膜厚は、他の層と同様に、所望とする効果などに応じて広い範囲で変更することができるけれども、少なくとも3nmであることが必要であり、通常、約3~20nmの範囲である。

【0020】ピンド磁性層の上には、規則系反強磁性層が形成される。この反強磁性層は、通常、FeMn膜、NiMn膜、PtMn膜、PdMn膜、PdPtMn膜、CrMn膜、IrMn膜などから形成することができる。PdPtMn膜などがとりわけ有用である。反強磁性層の膜厚も、所望とする効果などに応じて広い範囲で変更することができるけれども、通常、約10~50nmの範囲であり、一般的には25nm前後の膜厚が好ましい。

【0021】また、図4に示していないけれども、スピナルブ膜10は、その最上層にキャップ層を有することができる。キャップ層は、例えば、膜厚10nmのTa膜から形成することができる。スピナルブヘッド11において、スピナルブ膜10の両端に一对の引き出し電極8が設けられる。この引き出し電極は、汎用のスピナルブヘッドと同様に、例えば、Au膜などから形成することができる。また、スピナルブ膜10のフリー磁性層1の両端には、一对の縦バイアス磁界印加層7が設けられる。この縦バイアス磁界印加層は、通常、規則系の硬質強磁性の薄膜から形成される。縦バイアス磁界印加層の形成に有用な硬質強磁性材料の例は、CoPt、CoCrPtなどである。

【0022】さらに、図示のスピナルブヘッド11では、図示しないけれども、上述のような縦バイアス磁界印加層7の下にTa/NiFe系合金からなる下地層を設けることが好ましい。NiFe系合金の下地層は、例えば、NiFe膜、NiFeCr膜、NiFeNb膜、NiFeMo膜などである。本発明による磁気ヘッドの寿命試験方法では、例えば上記したような構成を有するGMRヘッドを、そのヘッドの実使用時以上のストレス印加条件にさらして磁気的特性を測定する。ここで、

「実使用時以上のストレス印加条件」とは、実使用において外部からヘッドに印加されるストレスを予想して、試験装置に配置した供試ヘッドに対して印加されるその実使用時のストレスよりも大きなストレスのことであり、具体的には、一定の電流及び一定の温度をストレスとして印加し続けることを意味する。ヘッドに印加すべき電流は、試験条件によって変動するけれども、通常、約3～10mAであり、一方、温度は、環境温度（例えば、約90°C）である。劣化を加速して寿命を推定するために、実使用より大きなストレスを印加する。

【0023】GMRヘッドに一定の電流及び一定の温度

$$MR\text{比} (\%) = [(R_{\max} - R_{\min}) / R_{\min}] \times 100 \quad (I)$$

上式において、 R_{\max} は磁気抵抗の最大飽和値であり、 R_{\min} は磁気抵抗の最小飽和値である。

【0024】供試ヘッドに上述のようにして印加電流及び環境温度によるストレスを印加しつづけて、連続的に、通常は一定時間ごとに、直流抵抗値、及び磁気抵抗変化を監視し、磁気的不良の発生、すなわち、MR比の劣化した時点を「ヘッドの寿命」と判断する。ヘッドの寿命は、通常、次のような手順で判断する。上式のようにして算出したMR比（%）を、MR比に関して経験的に予め設定されている許容範囲値（通常、30～80%）と対比し、MR比が許容範囲値を逸脱した時点での累積ストレス印加時間（時間）をヘッドの寿命とする。

【0025】本発明では、上述のような一連の計測及び評価工程をすべて、パソコン用コンピュータの使用を通して制御することができ、また、直流抵抗値や磁気抵抗変化の計測などは自動的に行うことができる。本発明はまた、上記のような磁気ヘッドの寿命試験方法を実施する装置にある。本発明の寿命試験装置は、下記の手段：磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらすストレス印加装置、前記ストレス印加装置に取り付けられた磁気ヘッドの磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良を評価する特性測定／評価装置、及び前記磁気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定する寿命判定装置、を備えることを特徴とする。

【0026】本発明の磁気ヘッドの寿命試験装置において、ストレス印加装置は、従来のMRヘッドの寿命評価装置においてストレスユニットとして使用されているものと同様な構成を有することができる。すなわち、ストレス印加装置は、供試ヘッドに対して一定の電流及び

$$MR\text{比} (\%) = [(R_{\max} - R_{\min}) / R_{\min}] \times 100 \quad (I)$$

（上式において、 R_{\max} は磁気抵抗の最大飽和値であり、 R_{\min} は磁気抵抗の最小飽和値である）から求めることを特徴とする付記3に記載の試験方法。

【0030】5. 磁気ヘッドの直流抵抗値又は/及び磁気抵抗変化に由来して求められたMR比（%）が予め設定した許容範囲値を逸脱した時点での累積ストレス印加時間をヘッドの寿命とすることを特徴とする付記2に記載の試験方法。

を印加しておいて、そのGMRヘッドにさらに磁界を印加する。印加する磁界の強さは、試験条件によって変動するけれども、通常、最大で1KOeである。磁界を印加しながら、ヘッドの磁気的特性を測定する。すなわち、磁界を+方向から-方向に掃引することによって供試ヘッドの磁気抵抗の変化を測定し、その変化幅より磁気抵抗変化比（MR比）を求める。具体的には、GMRヘッドの磁気抵抗変化を磁気抵抗対磁界曲線をプロットすることによって評価し、次いで、ヘッドのMR比（%）を次式（I）を用いて算出する：

$$MR\text{比} (\%) = [(R_{\max} - R_{\min}) / R_{\min}] \times 100 \quad (I)$$

定の温度を印加するのを制御する機構を備えている。また、特性測定／評価装置は、従来のMRヘッドの寿命評価装置においてマルチメータとして使用されているものと同様な構成を有することができる。

【0027】さらに、寿命判定装置としては、パソコン用コンピュータを使用することができる。これに内蔵された開発プログラム、例えば、Visual Basic（米国、Microsoft Corporationの登録商標）を特性測定／評価装置と組み合わせて使用することを通じて、寿命の測定、評価ならびに制御を全自动的に行うことができる。

【付記】本発明の実施の形態は、以上の説明から容易に理解することができるであろう。本発明のさらなる理解のために、本発明の好ましい実施の形態を付記すると、次の通りである。

【0028】1. 磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらして磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定することを特徴とする磁気ヘッドの寿命を試験する方法。

2. 一定の電流及び一定の温度をストレスとして印加し続け、かつ一定時間ごとに磁気ヘッドの直流抵抗値又は/及び磁気抵抗変化を測定することを特徴とする付記1に記載の試験方法。

【0029】3. 磁気ヘッドの磁気抵抗変化を、磁気抵抗対磁界曲線を測定することによって評価することを特徴とする付記2に記載の試験方法。

4. 測定された磁気抵抗対磁界曲線において、磁気ヘッドの磁気抵抗変化比（MR比、%）を次式（I）：

$$MR\text{比} (\%) = [(R_{\max} - R_{\min}) / R_{\min}] \times 100 \quad (I)$$

6. 磁気ヘッドが、巨大磁気抵抗効果を利用したGMRヘッド又はスピンドルGMRヘッドであることを特徴とする付記1～5のいずれか1項に記載の試験方法。

【0031】7. 磁気ヘッドの寿命を試験する装置であって、磁気ヘッドを実使用時以上のストレス印加条件にさらすストレス印加装置、前記ストレス印加装置に取り付けられた磁気ヘッドの磁気的特性を測定し、発生した磁気的不良を評価する特性測定／評価装置、及び前記磁

気的不良の評価結果に基づいて寿命を判定する寿命判定装置、を備えることを特徴とする磁気ヘッドの寿命を試験する装置。

【0032】8. 磁気ヘッドを収容し、その磁気ヘッドに環境温度をストレスとして印加可能な恒温槽と、磁気ヘッドに電流をストレスとして印加可能なストレスユニットと、磁気ヘッドの電圧を測定し、電圧変化から磁気抵抗比（MR比）を計算し、かつ直流抵抗値及びMR比の変化を時間とともに測定し、ヘッドの寿命を評価するマルチメータと、磁気ヘッドに異なるレベルの磁界を印加可能なヘルムホルツコイルと、前記マルチメータによる測定及び評価を全自動で制御するパーソナルコンピュータとを組み合わせて備えることを特徴とする付記7に記載の試験装置。

【0033】9. 磁気ヘッドが、巨大磁気抵抗効果を利用したGMRヘッド又はスピナーバルブGMRヘッドであることを特徴とする付記7又は8に記載の試験装置。

【0034】

【実施例】以下、添付の図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。なお、下記の実施例は一例であって、本発明の範囲内において種々の変更や改良を施し得ることを理解されたい。図5は、本発明による磁気ヘッドの寿命試験装置の好ましい1実施例を示す模式図である。図示の寿命試験装置の場合、ストレス印加装置として働くストレスユニット24から、電流印加用リード線31を介して供試磁気ヘッド（GMRヘッド）11に印加電流を供給し、その都度の電圧を、電圧測定用リード線32を介してGMRヘッド11に接続されたマルチメータ25で測定する。マルチメータ25は、特性評価／測定装置の一員として使用されている。

【0035】一方、GMRヘッド11は、図示のように、恒温槽21の内部に配置されたヘルムホルツコイル22の中にセットされている。ヘルムホルツコイル22は、バイポーラ電源27からそれに電流を供給することによって、駆動可能である。ヘルムホルツコイル22に対して電流を供給することによって、GMRヘッド11を取り巻く印加磁界が変動し、よって、その印加磁界の変動に対して電圧がいかに変化したかを測定することによって、すなわち、測定された電圧変化から磁気抵抗変化比（MR比）を計算する。MR比の計算は、前記した式（I）により行う。

【0036】恒温槽21で環境温度を、また、ストレスユニット24で電流を、それぞれストレスとしてGMRヘッド11に印加し続け、これらによる直流抵抗値及びMR比を経時的に連続的に測定する。参考のために示すと、図7は、直流抵抗値R（Ω）を時間（h）の関数としてプロットしたグラフであり、また、図8は、MR比（%）を時間（h）の関数としてプロットしたグラフである。図8から、時間の経過とともにMR比（%）が徐々に劣化していることが理解されるであろう。直流抵抗

値又はMR比が予め設定してある許容範囲値を外れた時に、その時の累積ストレス印加時間（h）をヘッドの寿命とする。

【0037】本発明によると、上述のような測定、評価は、付属のパーソナルコンピュータ26を使用することによって、全自动で実施し、制御することができる。また、パーソナルコンピュータ26の運転は、例えば、開発プログラム、Visual Basic（登録商標）を使用して行うことができる。なお、パーソナルコンピュータや開発プログラムについては、当業者に周知の事項であるので、ここでの詳細な説明を省略することにする。

【0038】図6は、図5を参照して上記した寿命試験装置を使用して本発明の寿命試験方法を実施する工程（ステップ）について示したフローチャートである。以下、これを参照して試験処理動作を説明する。

ステップS1：図5のストレスユニットから、予め設定されたストレス電流を恒温槽内のGMRヘッドに印加し、電流の印加を継続する。恒温槽は、例えば、環境温度=約90°Cに設定しておく。

ステップS2：GMRヘッドでは、ストレス電流の印加とともに発熱がおこり、温度が上昇する。この発熱は、ジュール熱に由来している。発熱に原因するヘッドの温度上昇が飽和するまで、待機する。待機時間は、予め設定する（通常、約5～10分間）。

ステップS3：GMRヘッドの抵抗値が安定したところで、4端子法により抵抗値（R）を測定する。その際、 $R_0 = R$ として、この R_0 値を抵抗値劣化の基準値として保存する。

ステップS4：付属のパーソナルコンピュータによりバイポーラ電源を駆動して、恒温槽内の磁界印加ヘルムホルツコイルで磁界（H）を発生させる。

ステップS5：磁界（H）をプラス（+）方向に掃引して、最大飽和抵抗値 $R_{max}(0)$ を測定し、かつ磁界（H）を前と逆方向（-方向）に掃引して、最小飽和抵抗値 $R_{min}(0)$ を測定する。

ステップS6：GMRヘッドのMR比（%）の初期値 MR_0 を次式より計算する。

【0039】 $MR_0 = [(R_{max}(0) - R_{min}(0)) / R_{min}(0)] \times 100$

得られた MR_0 （%）をMR比劣化の基準値とする。

ステップS7：GMRヘッドを恒温槽内に入れたまま放置して一定時間の待機を行う。待機時間は、例えば30分というように、予め設定する。

ステップS8：ステップS3と同様にして、再びGMRヘッドの抵抗値を測定する。この場合、抵抗値の測定を反復して行い、n回目に測定された抵抗値を R_n とする。

ステップS9：ステップS5の反復。磁界（H）を十方向に掃引して、最大飽和抵抗値 $R_{max}(n)$ を測定し、か

つ磁界 (H) を一方向に掃引して、最小飽和抵抗値 R_{min} (n) を測定する。〔n回目の測定値〕

ステップS10：ステップS6の反復。GMRヘッドのMR比、 MR_n を次式より計算する。

$$【0040】 MR_n = [(R_{max}(n) - R_{min}(n)) / R_{min}(n)] \times 100$$

〔n回目の測定値〕

ステップS11：測定データの記録を行う。すなわち、抵抗値 (R_n) 及びMR比 (MR_n) を累積経過時間の関数として記録する。

ステップS12： ΔR_n [抵抗の変化率] を、次式： $\Delta R_n = (R_n - R_0) \times 100 / R_0$ から計算する。

ステップS13：得られた測定値からGMRヘッドの寿命を判断する。すなわち、 R_m 及び R_a を予め設定したうえで（例えば、 R_m を 60Ω に、 R_a を 20Ω に設定）、次の要件： $R_n \geq R_m$ 、 $R_n \leq R_a$ が満たされるならば、GMRヘッドの寿命と判断して試験を終了する。この要件の満たされた時点の累積経過時間を、ヘッドの寿命とする。

ステップS14：ステップS13が否の時、このステップで再度ヘッドの寿命を判断する。ここでは、計算により得られた ΔR_n 値からGMRヘッドの寿命を判断する。すなわち、 ΔR_m 及び ΔR_a を予め設定したうえで（例えば、 ΔR_m を $+5\%$ に、 ΔR_a を -5% に設定）、次の要件： $\Delta R_n \geq \Delta R_m$ 、 $\Delta R_n \leq \Delta R_a$ が満たされるならば、GMRヘッドの寿命と判断して試験を終了する。この要件の満たされた時点の累積経過時間を、ヘッドの寿命とする。

ステップS15：ステップS14が否の時、このステップで再度ヘッドの寿命を判断する。すなわち、 MR_n を予め設定したうえで（例えば、 MR_n を初期値 MR_0 の $1/2$ に設定）、次の要件： $MR_n \leq MR_m$ が満たされるならば、GMRヘッドの寿命と判断して試験を終了する。この要件の満たされた時点の累積経過時間を、ヘッドの寿命とする。

【0041】ここで、もしも否であるならば、ステップS7に戻り、抵抗値 (R_n) の測定で始まる手順を反復する。以上のようなルーチンワークを供試ヘッドの劣化が確認されるまで行うことにより、GMRヘッドの寿命を正確に判定することができる。

【0042】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、簡単かつ正確にGMRヘッドやその他の磁気ヘッド

の寿命を測定することができ、また、ハードウエア部分の改良を通じて、かかる寿命の測定を全自動で実施することができる。特に、本発明は、従来のMRヘッドで行っていたようなエレクトロマイグレーションによる抵抗変化を測定する方法では寿命を測定できないGMRヘッドの寿命（磁気的不良による）を評価できるという点で注目に値するものであり、磁気ヘッドの信頼性の向上に寄与するところが大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】MRヘッドの再生特性不良を検出し、測定する従来の評価方法を示すフローチャートである。

【図2】MRヘッドの使用中の劣化を測定する従来の評価方法を示すフローチャートである。

【図3】スピナバルブヘッドの一形態を示した斜視図である。

【図4】図3のスピナバルブヘッドの線分IV-IVに沿った断面図である。

【図5】本発明による磁気ヘッドの寿命試験装置の好ましい1実施例を示す模式図である。

【図6】本発明による磁気ヘッドの寿命試験方法の好ましい1実施例を示すフローチャートである。

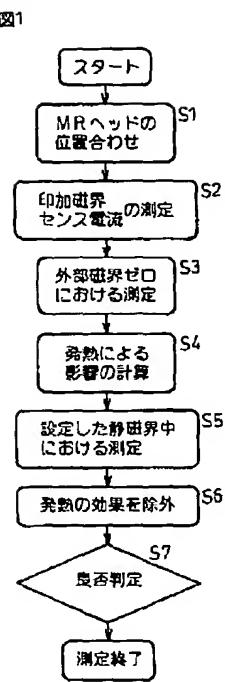
【図7】磁気ヘッドについて測定された直流抵抗値 R (Ω) を時間 (h) の関数としてプロットしたグラフである。

【図8】磁気ヘッドについて測定されたMR比 (%) を時間 (h) の関数としてプロットしたグラフである。

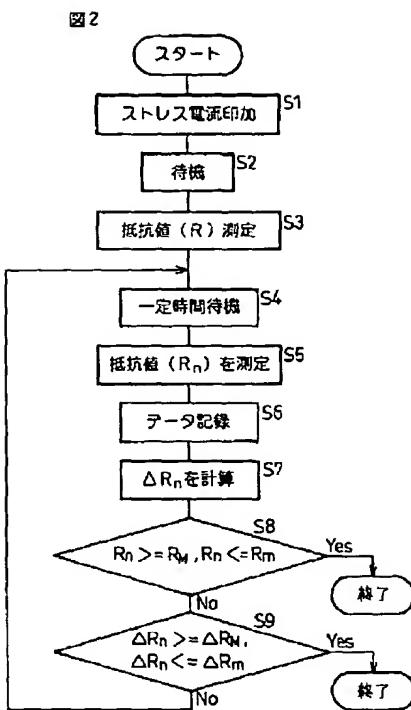
【符号の説明】

- 1…フリー磁性層
- 2…非磁性中間層
- 3…ピンド磁性層
- 4…反強磁性層
- 5…下地層
- 7…縦バイアス磁界印加層
- 8…電極
- 10…スピナバルブ膜
- 11…GMR（スピナバルブ）ヘッド
- 21…恒温槽
- 22…ヘルムホルツコイル
- 24…ストレスユニット
- 25…マルチメータ
- 26…パーソナルコンピュータ
- 27…バイポーラ電源

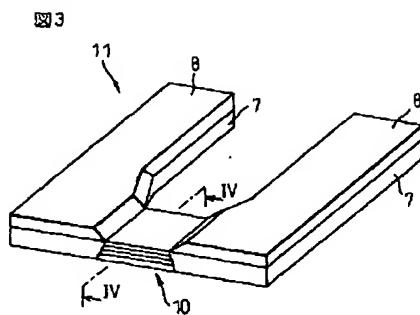
【図1】



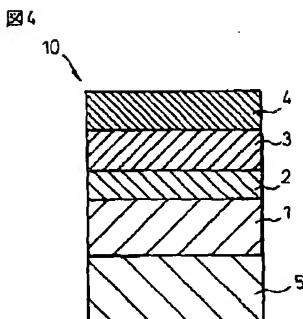
【図2】



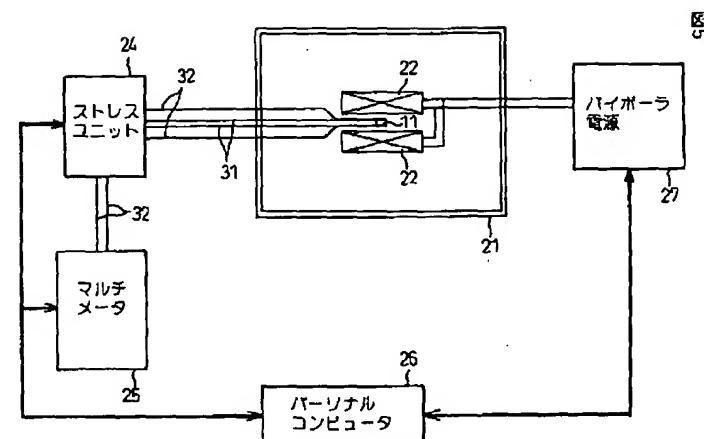
【図3】



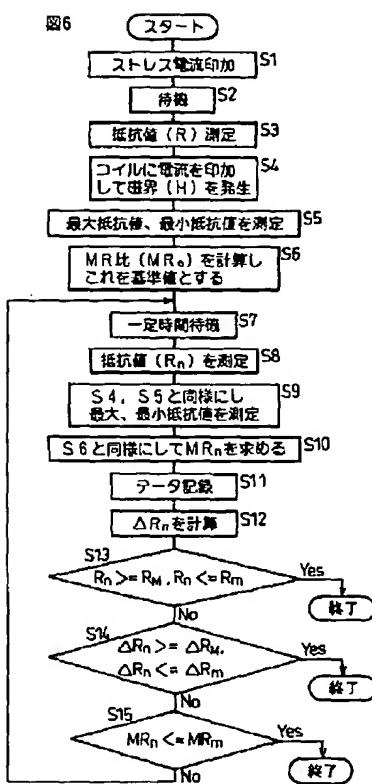
【図4】



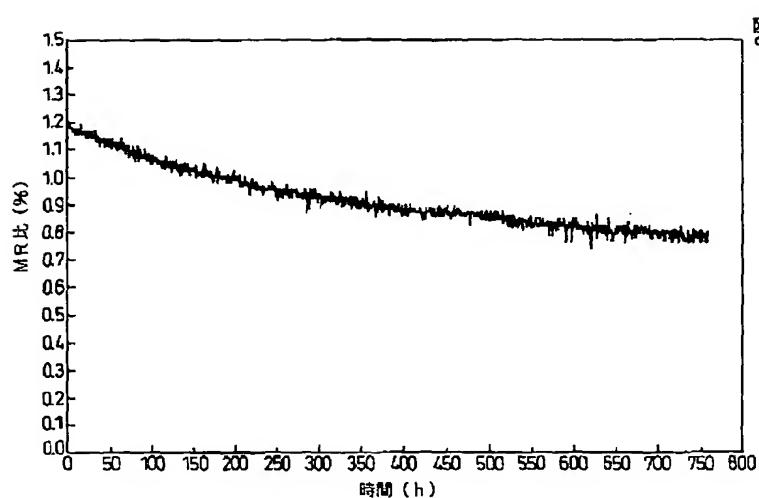
【図5】



【図6】



【図8】



【図7】

